

Група ТИМ

**ГЛОБАЛНИ СИСТЕМ ЗА
ПОЗИЦИОНИРАЊЕ**

**Чачак
2021. године**

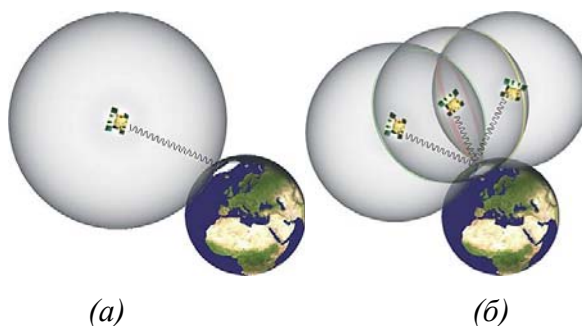
1. Увод

Човек има исконску потребу за кретањем и истраживањем, али је увек присутна и жеља за сигурним повратком кући. Кроз историју је развијено небројено техника за сналажење у простору и направљено је много инструмената који човеку у томе помажу. Ново ракетно и космичко доба, олакшава и решава овоземаљске проблеме, али отвара нове – сналажење на путовањим ка далеким световима.

Најједноставнији модел функционисања система за позиционирање на Земљи би се могао описати као емитовање радио сигнала са познатих локација у свемиру (покретни сателити у далекој орбити око Земље) и слушање ових сигнала на покретном пријемнику на Земљиној површини (Globalni pozicioni sistem).

Сваки сигнал носи кодирану личну идентификацију пошиљаоца, позицију и време када је послат. Пријемник слуша ове сигнале и у периодима између пријема сигнала, успева да одреди удаљеност до предајника, која одговара полупречнику сфере у којој предајник емитује сигнале (слика 1а).

Слушањем више сигнала и њиховим поређењем (пресечне тачке сфера) – може да се створи вектор позиције (слика 1б).



Слика 1. Геометријски модел рада GPS – на основу пресечних тачака сфера познатог полупречника

Уз мало тригонометрије, пријемник ће човеку доставити информацију колико је тренутно удаљен од екватора и Гринича (полазних маркера географске ширине и дужине) изражено у лучним степенима. Додатна информација је надморска висина пријемника (елевација) и тачно светско време – сведено на локално.

Данашњи пријемници за широку примену у географској навигацији, омогућавају читавање тачности локација на нивоу од око 15 метара. У посебним условим, тачност се може свести на пар метара. Уређаји за професионалну и војну примену, омогућавају прецизна читавања реда неколико десетина см (сразмерно тачности – је и цена уређаја). За повећање прецизности читавања, примењује се низ метода корекције грешака.

Шума децималних бројева географских локација – човеку не значи много, па савремени пријемници ове податке презентују на допадљивији начин, тј. у облику исцртаних објеката на подлози терена (векторске или “рутабилне” мапе) (слика 2).



Слика 2. Картографски приказ позиције – уместо нумеричке форме лучних координата

Данас, немају само путници, морепловци и авијатичари потребу за тачном навигацијом. Тачно и планирано кретање потребно је широком кругу корисника – људи, који желе да на оптималан начин обиђу потребне локације, а да при томе потроше минимално време или иду најкраћим путем. Ту спадају и спортисти, рекреативци, туристи, и многи други корисници.

2. Глобални системи позиционирања

Постоји неколико система који омогућавају одређивање позиције на Земљи, коришћењем система GPS (Global Positioning System) навигације. Најпознатији су:

2.1 GPS (Globalni pozicioni sistem — Wikipedia)

GPS (*Global Positioning System*) је настао у Америци за војне потребе, а касније предат и за цивилну употребу. Састоји се од 24 покретна сателита који су распоређени у орбити Земље, који шаљу радио сигнал на површину до пријемника (број сателита се стално повећава).

GPS пријемници на основу ових радио сигнала могу да одреде своју тачну позицију – географску ширину и дужину, надморску висину – на било ком месту на планети, дању и ноћу, при свим временским условима.

2.2 GLONASS (GLONASS — Wikipedia)

GLONAS (*Globalni Navigacijski Satelitski Sistem*) је сателитски навигацијски систем који је започео СССР, а наставила Русија. Тренутно се налази у надлежности руских свемирских снага.

Систем ради као мрежа од 24 геостационарна сателита који методом трилатерације дефинишу позицију објекта на површини Земље и пријемнику шаљу податке о његовој позицији.

Савремени пријемници за навигацију обично имају могућност пријема и обраде сигнала са оба доступна система GPS и GLONAS. На тачност система сателитског глобалног позиционирања, највише утичу: стање у атмосфери, рефлексија радио таласа, радио сметње, одређивање тачне локације сателита, тачност и усклађеност времена између сателита и Земалјских компоненти.

3. Геодетски (географски) координатни системи

Постоји јако велики број различитих координатних система којима се описује положај неке тачке на Земљиној површини. Свака држава, регија, па и насељено место – може да има свој координатни систем (маркантан и погодан објекат) одакле се врше геодетска мерења и приказивање позоција објеката.

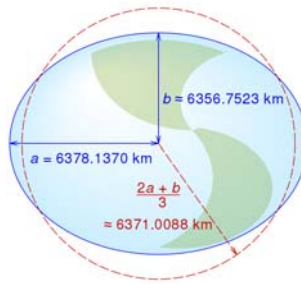
3.1 World Geodetic System – WGS84 (World Geodetic System – Wikipedia)

WGS84 је светски прихваћен глобални координатни систем, којим се геоидни облик Земље – апроксимира лоптом (слика 3).

3.2 Universal Transverse Mercator coordinate system – UTM (Universal Transverse Mercator coordinate system – Wikipedia)

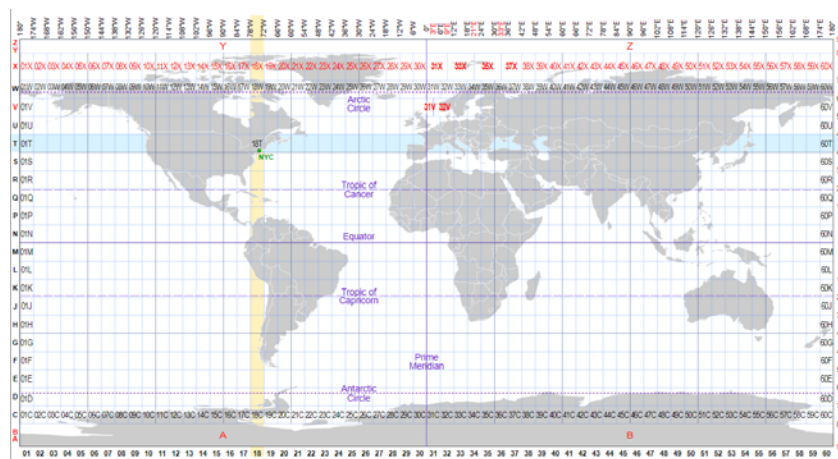
UTM је систем за одређивања координата локација на површини Земље. То је хоризонтална репрезентација положаја, што значи да игнорише надморску висину, а третира земљу као савршени елипсоид (слика 4).

Међутим, разликује се од глобалне географске ширине/дужине по томе што дели Земљу на 60 зона и сваку пројектује на раван – као основу за израчунавање координата. Одређивање локације значи одређивање зоне и координате x , y у тој зони.



Слика 3. Модел превођења Земљиног геноида у приближну лопту

Пројекција са сфероида на UTM зону је параметризација попречне Меркаторове пројекције. Параметри се разликују у зависности од државе, региона или система мапирања.

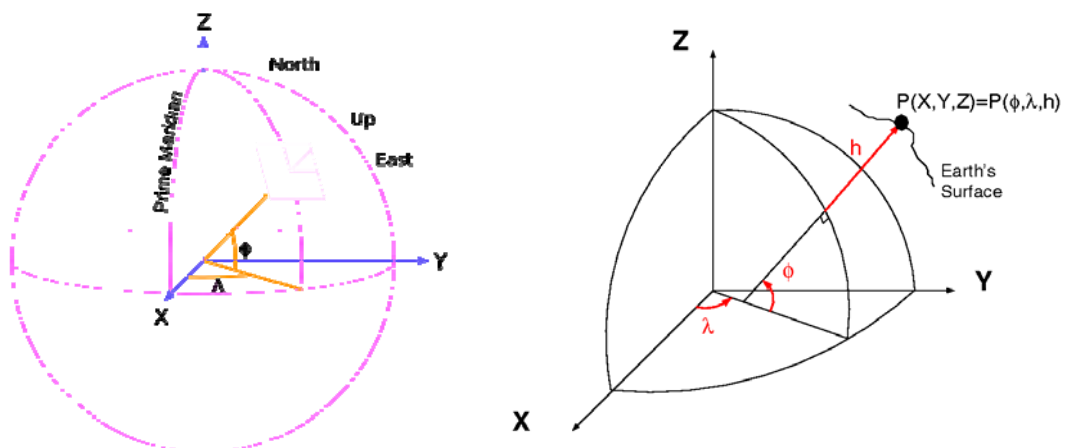


Слика 4. Географска карта настала применом UTM координатног система

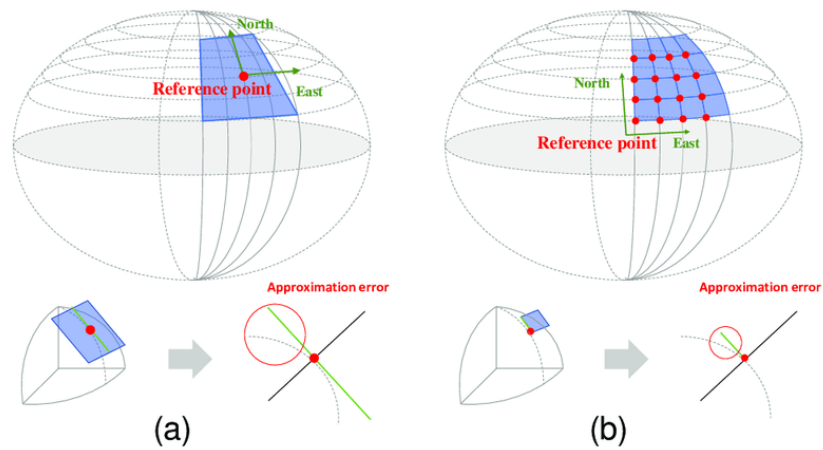
4. Геодетске (географске) пројекције

Постоји велики број метода за пројектовање тачке, скупа тачака или површи – са површине Земље на картографску раван. Неке методе задржавају пропорције између тачака на лопти (ка половима лучне линије су краће), док друге врше директну пројекцију на површ, формирајући квадратне облике пресека паралела и меридијана на свакој географској ширини.

Свака од ових пројекција има за циљ приказа појединих географских аспеката и није увек једини циљ верни приказ стварног стања у физичком простору. За илустрацију, један лучни степен по паралели, у околини Суботице је дужине око 77км, а у околини Врања је дужине око 81км. Значи, разлика је читавих 4км.



Слика 5. Разни модели представљања тачке у простору



Слика 6. Два облика пројекције тачака са Земљине површине – на пројекциону раван (уз задржавање деформације облика)

5. Основни елементи система за позиционирање и навигацију



Слика 8. Типичан запис путање кретања – савременог уређаја за позиционирање

- **Waypoint** (путна тачка, тачка на путу, географска тачка) – Најприближније дефинисање waypoint је, да је то тачка у простору, која може представљати локацију неког насељеног места, објекта или, само логичку тачку кроз коју треба проћи из неког разлога – нпр. интересантан видиковац или тачку на раскрсници путева.
- **Route** (рута – пут, план кретања и путовања) – Рута је план пута. Може се креирати ређањем waypoint или једноставним “цртањем” линије кретања у неком наменском софтверу за креирање рута.
- **Track** (траг, стаза, пут, евиденција пута) – Траг је запис куда је навигацијски уређај стварно “прошао”. Може се поклапати са планираним рутом по waypoint, али и не мора. Сам навигацијски уређај,

следећи одговарајући алгоритам, периодично записује координате и време настанка записа локација на којима се налази. Каснијом анализом овог записа, може се тачно видети путања, локације које су пређене, брзина кретања, као места и време стајања. Из меморије навигацијског уређаја, овај податак се може преузети на РС и накнадно анализирати (GPX запис). Track запис, омогућава прецизан повратак на почетну локацију, истом путањом, којом се претходно прошло.

6. GPS Exchange Format (GPS Exchange Format – Wikipedia)

GPX, или GPS Exchange Format, је XML шема дизајнирана као формат GPS података за разне софтверске апликације и уређаје. Може се користити за описивање, стационарних географских тачака и међутачака на рути. Подаци о локацији (надморска висина, време, назив и други подаци) чувају се у таговима “<” и могу се разменити између разних GPS уређаја и софтвера.

Пример – изглед једног GPX записа

```
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1"
xmlns:gpwx="http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3"
xmlns:gpwtpx="http://www.garmin.com/xmlschemas/TrackPointExtension/v1"
creator="Oregon 400t" version="1.1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/1
http://www.topografix.com/GPX/1/1/gpx.xsd
http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3
http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensionsv3.xsd
http://www.garmin.com/xmlschemas/TrackPointExtension/v1
http://www.garmin.com/xmlschemas/TrackPointExtensionv1.xsd">
  <metadata>
    <link href="http://www.garmin.com">
      <text>Garmin International</text>
    </link>
    <time>2009-10-17T22:58:43Z</time>
  </metadata>
  <trk>
    <name>Example GPX Document</name>
    <trkseg>
      <trkpt lat="47.644548" lon="-122.326897">
        <ele>4.46</ele>
        <time>2009-10-17T18:37:26Z</time>
      </trkpt>
      <trkpt lat="47.644548" lon="-122.326897">
        <ele>4.94</ele>
        <time>2009-10-17T18:37:31Z</time>
      </trkpt>
      <trkpt lat="47.644548" lon="-122.326897">
        <ele>6.87</ele>
        <time>2009-10-17T18:37:34Z</time>
      </trkpt>
    </trkseg>
  </trk>
</gpx>
```

7. PlotGPS – демо софтвер

Постоји велики број наменских софтвера, најчешће реализованих у смислу наменских WEB сајтова, који могу да прикажу – визуализују GPS/GPX податке, који су претходно уп-лоадовани. Подаци се обично приказују на картографској битмапираној подлози. Оваква решења имају доста предности, али и мањкавости у примени.

PlotGPX је демо – наменски софтвер, који такође ради у WEB окружењу, а приказује GPS податке у табеларној и графичкој – векторској форми. Овакав софтвер може да буде полазна база, за развој наменског – комплексног софтвера, за прикупљање, обраду и приказ GPS података. Софтвер је развијен у PHP програмском језику а ради на Apache WEB серверу.

Могуће је једноставно проширење софтвера, где би се подаци из више GPX фајлова импортовали у наменске табеле базе GPS podataka. Идеална подршка за ово био би MySQL или сличан систем за управљање подацима (релациона база података).

Полазни подаци (траг – фајлови) за рад PlotGPX, су добијени директним импортовањем са Garmin уређаја. Подаци (сесије – skupovi) географских информација о локацијама су импортовани из Garmin софтвера BaseCamp, који такође комуницира са Garmin GPS уређајем.

Пример записа једне тачке – трага у оквиру GPX датотеке

```
<trkseg>
  <trkpt lat="43.880655001848936" lon="20.354839973151684">
    <ele>246.22999999999999</ele>
    <time>2021-09-26T11:50:29Z</time>
  </trkpt>
</trkseg>
</trk>
```

Пример PHP кода који издваја податке о траговима – Latitude, Longitude, Elevation и Time – време

```
$gpx = simplexml_load_file("trkdat.gpx");
foreach ($gpx->trk as $trk) {
  foreach($trk->trkseg as $seg){
    foreach($seg->trkpt as $pt){
      $i=$i+1;

      $lt=(float)$pt["lat"];
      $ln=(float)$pt["lon"];
      foreach($pt->ele as $ele){
        $z=(float)$ele;
      }
      foreach($pt->time as $time){
        $tim=$time;
      }

      $nlt=round($lt,8);
      $nln=round($ln,8);
      $nz=round($z,2);

    }
  }
}
unset($gpx);
```

Пример PHP кода, отвара филе “trkdat.gpx” и врши “парсирање” trkpt објеката: lat, lon, ele и time. Затим, ове податке преводи у децималне – нумеричке форме. Подаци се, по жељи могу штампати као табеле, импортовати у табелу базе података или графички приказивати као тачке или линије између две суседне тачке.

Пример записа једног waypoint у оквиру GPX датотеке

```
<wpt lat="43.766120988875628" lon="20.636358009651303">
  <time>2021-09-05T18:11:00Z</time>
  <name>Adrani</name>
  <sym>Flag, Red</sym>
```

```

</type>user</type>
<extensions>
  <gpxx:WaypointExtension>
    <gpxx:DisplayMode>SymbolAndName</gpxx:DisplayMode>
  </gpxx:WaypointExtension>
  <wptx1:WaypointExtension>
    <wptx1:DisplayMode>SymbolAndName</wptx1:DisplayMode>
  </wptx1:WaypointExtension>
  <ctx:CreationTimeExtension>
    <ctx:CreationTime>2021-09-05T18:11:00Z</ctx:CreationTime>
  </ctx:CreationTimeExtension>
</extensions>
</wpt>

```

Пример PHP кода који издваја податке о waypoint – Latitude, Longitude и Name – име локације

```

$gpx = simplexml_load_file("wptdat.gpx");
foreach ($gpx->wpt as $wp) {
    $lt=(float)$wp["lat"];
    $ln=(float)$wp["lon"];

    foreach($wp->name as $name){
        $n=$name;
    }

    $lt=round($lt,8);
    $ln=round($ln,8);
}
unset($gpx);

```

Пример PHP кода, отвара филе “wptdat.gpx” и врши “парсирање” wpt објеката: lat, lon, и name. Затим, ове податке преводи у децималне – нумеричке форме. Подаци се по жељи могу штампати као табеле, импортовати у табелу базе података или графички приказивати као тачке и текстуални називи гео локација.

Пример PHP кода који исцртава линију у WEB окружењу између два трага и пројектује је на дисплеј раван

```

<?php
//Zemlja
$er=6371008.8;

//Geometrija
$vpi=3.14159265;
$d2rad=$vpi/180.0;

// geo udaljenost od ekvatora i grinica - svedeno za 1. kvadrant
$la1=4876000.0;
$lo1=1615000.0;

// graficki ekranski prikaz
$kpix1=25.0;
$dx1=-100.0;
$dy1=100.0;
$xe1=800;
$ye1=1000;

echo "<svg xmlns='http://www.w3.org/2000/svg' version='1.1' width='800' height='1000'>";
echo "<rect width='800' height='1000' fill='rgb(253,248,243)' stroke-width='1' stroke='rgb(0,0,0)' />";

```



```

echo "<g stroke='green'>";

$gpx = simplexml_load_file("trkdat.gpx");
foreach ($gpx->trk as $trk) {
    foreach ($trk->trkseg as $seg){
        foreach($seg->trkpt as $pt){

            $lt=(float)$pt["lat"];
            $ln=(float)$pt["lon"];

            $alfa=$lt*$d2rad;
            $beta=$ln*$d2rad;

            $xp=$er*$alfa;
            $rp=$er*cos($alfa);
            $yp=$rp*$beta;

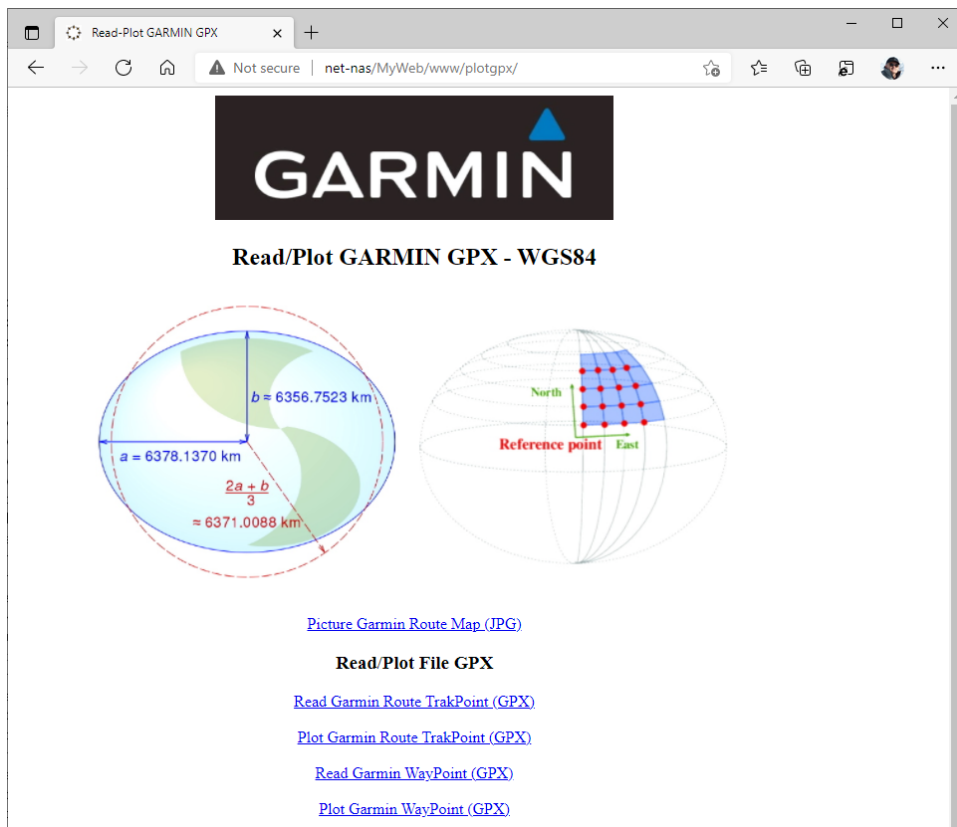
            $xe2=$dx1+1000-($xp-$la1)/$kpix1;
            $ye2=$dy1+($yp-$lo1)/$kpix1;

            echo "<line x1=".$ye1." y1=".$xe1." x2=".$ye2." y2=".$xe2." />";
            $xe1=$xe2;
            $ye1=$ye2;
        }
    }
}
echo "</g>";
unset($gpx);
?>

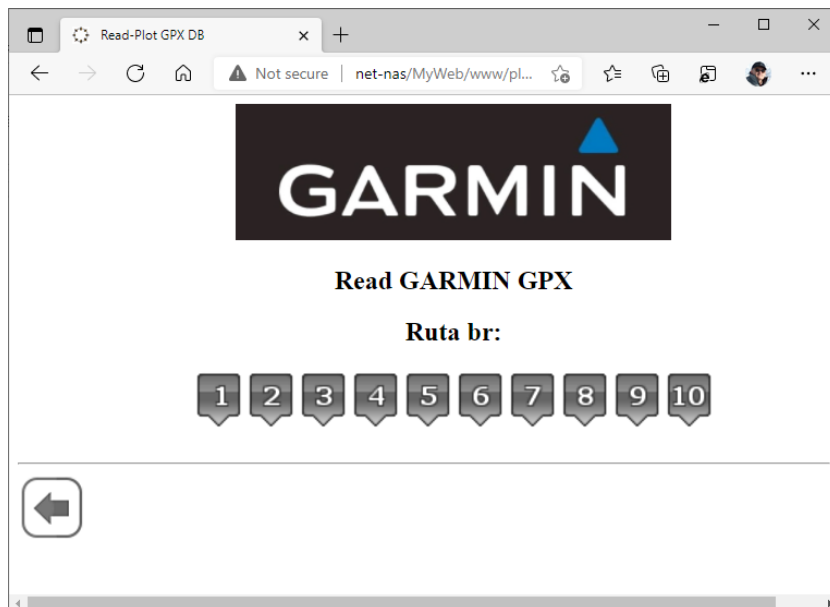
```

Пример PHP софтвера, приказује реализацију следећих функција:

- дефинисање полазних варијабли које описују географске и геометријске константе,
- дефинисање полазних варијабли које описују геометрију приказа WEB SVG графике,
- дефинисање и отварање WEB SVG графичког прозора димензија 800x1000pix,
- отварање датотеке "trkdat.gpx" и парсирање траг објеката: lat и lon и превод у нумеричке децималне форме углова alfa и beta у радијанима (географска ширина и дужина),
- врши израчунавање полупречника Земље за очитану географску ширину (према WGS84 моделу) и израчунавање дужине лука паралеле,
- израчунава дужину лука по меридијану,
- добијене гао нумеричке вредности скалира и позиционира у екранску прозор димензија 800x1000pix,
- исцртава линију између две очитане тачке,
- ово ради у циклусу, колико год има података у GPX запису.



Слика 9. Plot GPX – ползни мени

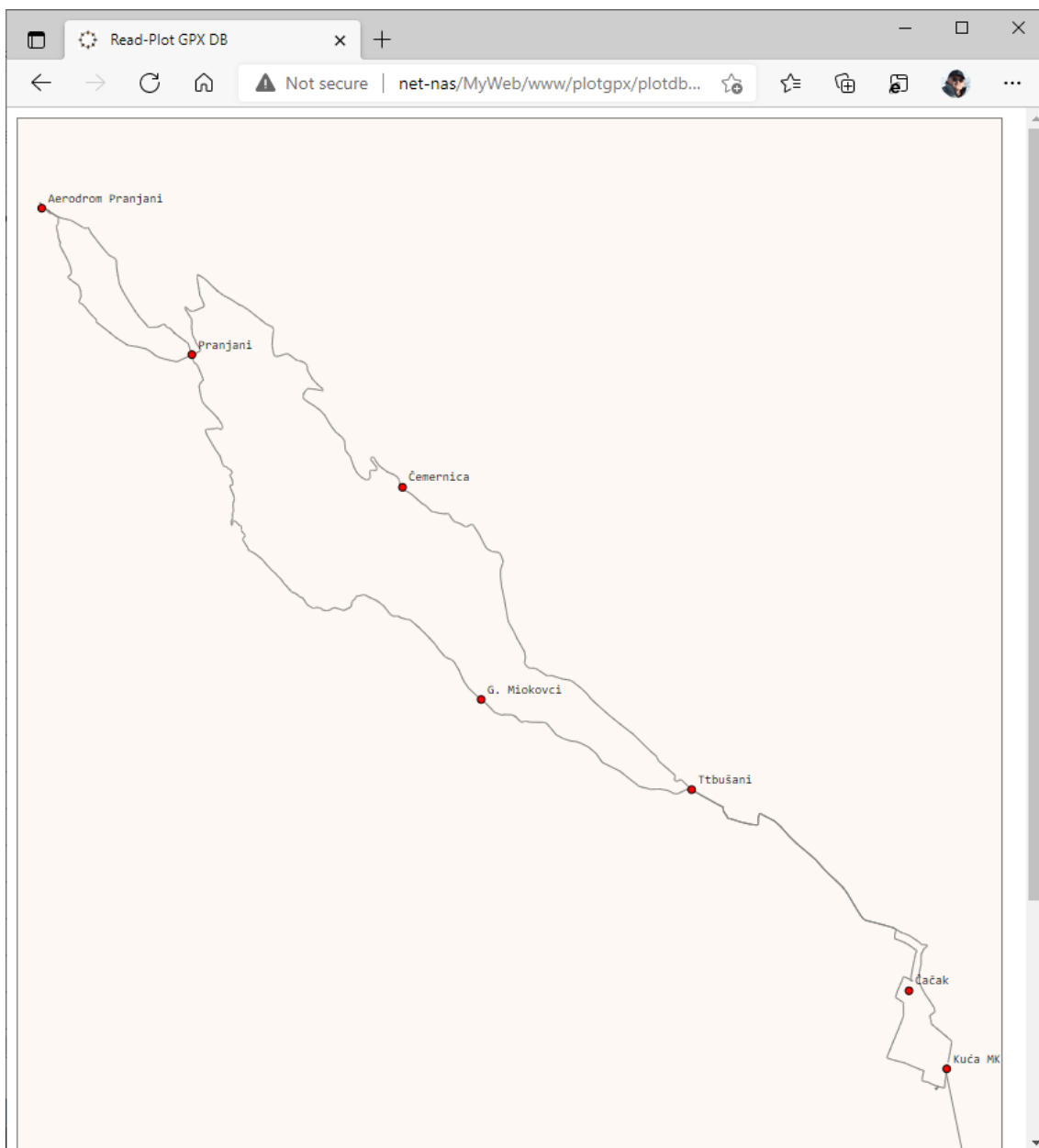


Слика 10. Plot GPX – избор руте за приказ података

Ruta br: 1

Rut	Trk	Lat /d/	Lon /d/	Ele /m/	Time
1	1	43.87948608	20.35376358	262.10	2021-09-26T08:31:01Z
1	2	43.87950516	20.35377502	253.44	2021-09-26T08:32:18Z
1	3	43.87950516	20.35377884	253.44	2021-09-26T08:34:25Z
1	4	43.87950897	20.35377121	255.85	2021-09-26T08:37:08Z
1	5	43.87951279	20.35381889	257.77	2021-09-26T08:39:52Z
1	6	43.87951279	20.35382462	256.33	2021-09-26T08:42:11Z
1	7	43.87951660	20.35379791	252.96	2021-09-26T08:44:39Z
1	8	43.87951660	20.35380173	252.48	2021-09-26T08:46:50Z
1	9	43.87951660	20.35380173	252.48	2021-09-26T08:47:50Z
1	10	43.87948990	20.35384560	252.96	2021-09-26T08:48:28Z
1	11	43.87940216	20.35397339	253.44	2021-09-26T08:48:41Z
1	12	43.87913513	20.35395241	253.44	2021-09-26T08:48:48Z
1	13	43.87835312	20.35355186	253.93	2021-09-26T08:48:59Z
1	14	43.87751007	20.35308456	254.41	2021-09-26T08:49:12Z
1	15	43.87738800	20.35301971	253.93	2021-09-26T08:49:22Z
1	16	43.87739563	20.35287857	254.41	2021-09-26T08:50:04Z
1	17	43.87736511	20.35283470	254.41	2021-09-26T08:50:05Z
1	18	43.87725067	20.35294533	254.41	2021-09-26T08:50:06Z
1	19	43.87646484	20.35256386	254.41	2021-09-26T08:50:17Z
1	20	43.87604904	20.35238266	254.41	2021-09-26T08:50:23Z

Слика 11. Plot-GPX, табела бр. руте, тачке на руту – са географским координатама Lat – Lon – Ele (у децималним степенима, а висина у метрима) и време када је податак – запис настао



Слика 12. Plot-GPX, графички приказ демо руте, настао на основу табеларних података (уз коришћење WEB On-Line SVG графике)

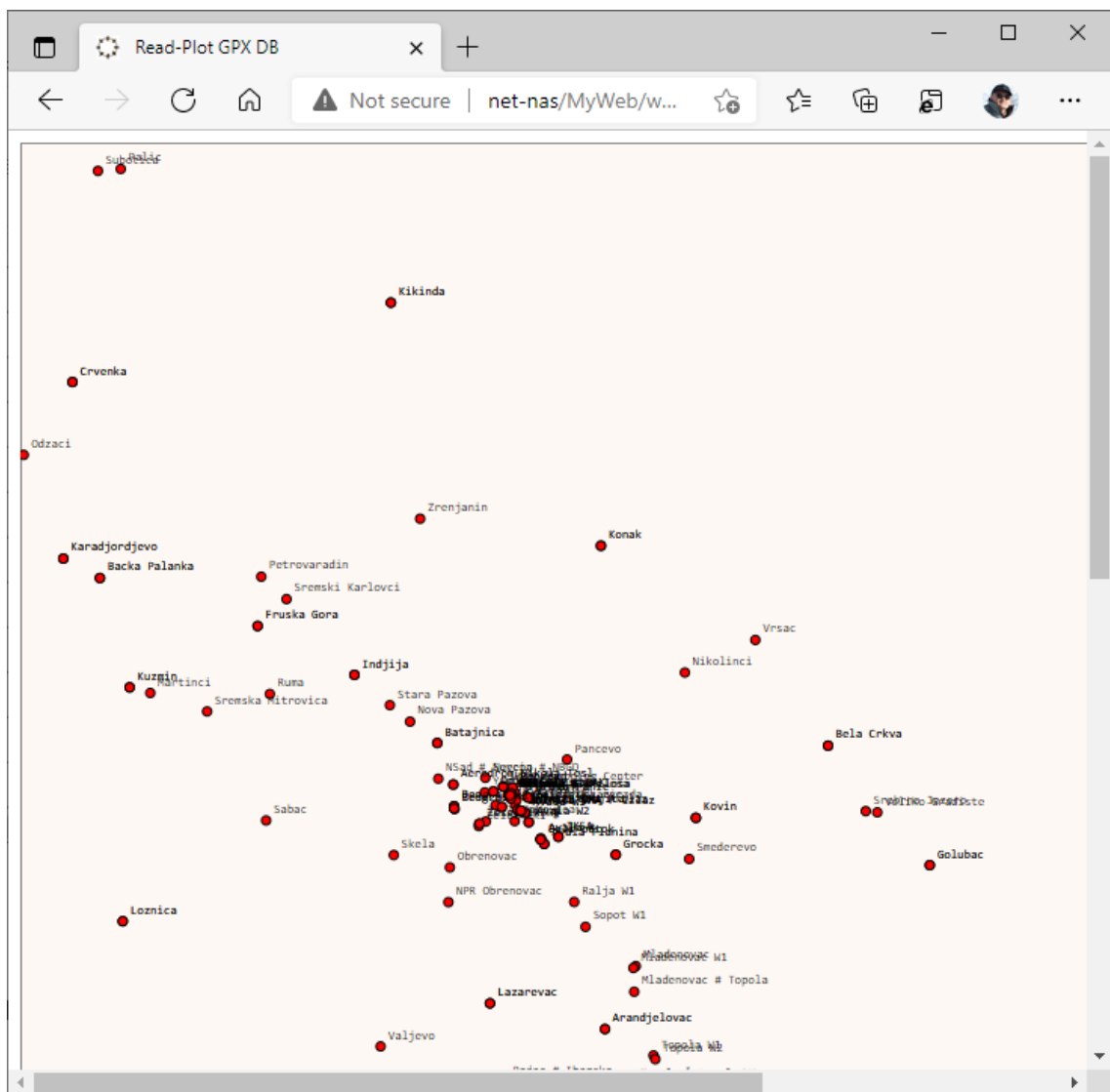
Read-Plot GPX DB

Not secure | net-nas/MyWeb...

Set podataka br: 1

Ses	Wpt	Lat /d/	Lon /d/	Name
1	1	43.76612091	20.63635826	Adrani # Jarčuljak
1	2	43.76626968	20.63592911	Adrani mesto
1	3	43.76689148	20.63324738	Adrani1 #
1	4	43.76612091	20.63635826	Adrani2 #
1	5	43.33799744	21.86635590	Aerodrom Konstantin
1	6	43.82772446	20.58142662	Aerodrom Morava
1	7	44.81943512	20.29123306	Aerodrom Nikola Tesl
1	8	43.88965225	19.69101906	Aerodrom Ponikve
1	9	44.03664017	20.17835236	Aerodrom Pranjani
1	10	43.45938110	21.04309845	Aleksandrovac
1	11	43.52948761	21.70981979	Aleksinac
1	12	45.67291260	18.98231506	Apatin
1	13	44.30974960	20.55662155	Arandjelovac
1	14	43.75305176	20.09880066	Arilje
1	15	43.77836227	20.15120506	Arilje W1
1	16	43.85291672	20.38161278	Atenica # GTrnava
1	17	43.86134720	20.36597061	Atenica # Kulinovci
1	18	43.85785294	20.36215019	Atenica # Pantovici
1	19	43.85216522	20.38255692	Atenica # Trnava # J
1	20	43.85688782	20.36379814	Atenica Pantovic # K

Слика 13. Plot-GPX, табела бр. сесије података, редни број географске тачке на сесији података, географске координате *Latituda – Longituda* (у децималним степенима) и име локације



Слика 14. Plot-GPX, графички приказ сесије географских локација, настао на основу табеларних података

8. GARMIN ([Garmin - Wikipedia](#))

Фирма Garmin спада у светског лидера у производњи уређаја и инструмената за глобално позиционирање и навигацију. Уређаје производе у мобилној форми – типа часовника и ручних, затим уређаја за аутомобиле и камионе, поморску навигацију, лаку – клипну авијацију и млазну авијацију.

Савремени Garmin навигацијски уређај одликује:

- вишеканални осетљиви пријемник, за паралелно праћење више сателита,
- тренутна спремност за рад – одмах по укључењу,
- велика тачност позиционирања, на нивоу пар метара,
- LCD екрани високе резолуције – осетљиви на додир,
- велика брзина процесирања података и приказ са много детаља,
- постојање великог броја специјализованих и ажурних мапа,
- велики број имплементираних помоћних функција,
- комуникација и размена података са рачунаром,
- велика аутономија батерија код преносних модела,
- постојање уређаја различитог ценовног ранга – приступачности, итд.



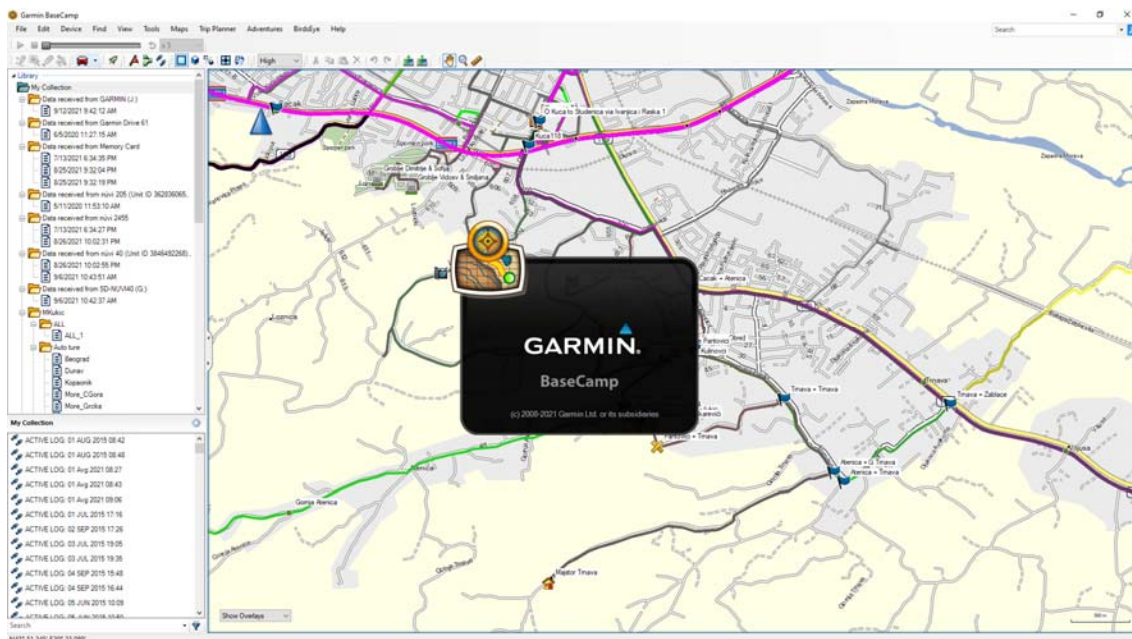
Слика 15. Мобилне – ручне варијанте Garmin уређаја



Слика 16. Аутомобилска Garmin навигација и навигација за лаку авијацију



Слика 17. Комплексна Garmin навигација за млазну авијацију и професионалне примене



Слика 18. Garmin BaseCamp – комплексан софтвер за припрему и обраду навигацијских података

9. Професионални навигацијски и мерни инструменти

За пробијање „физичких граница“ у постизању тачности позиционирања и мерења, користе се тзв. методе “асистиране” навигације. Има их више, а за све је заједничко постојање земаљских базних навигацијских станица – које мерним инструментима пружају додатне информације.

Те информације могу бити: тачна гео локација локалне – најближе базне станице на основу које инструмент процењује грешку мерења, емитовање информација о грешкама мерења, а у вези са атмосферским приликама, грешкама локација видљивих сателита, грешкама усклађености часовника на сателитима, итд. Као резултат ових метода је постизање тачности позиционирања и мерења – реда десетине cm па и боље.

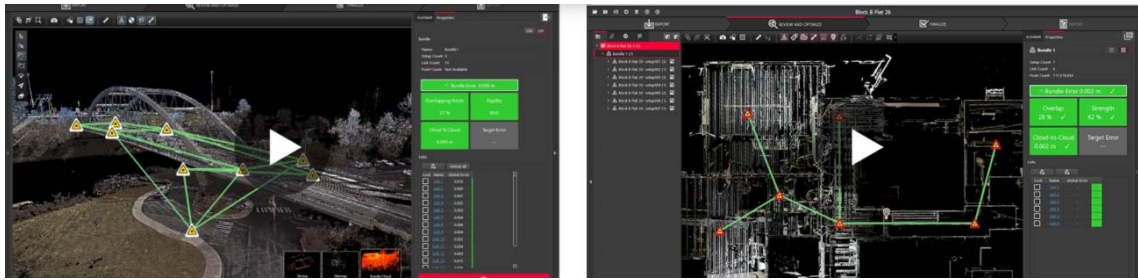


Слика 19. Leica (leica-geosystems.com) – прецизни навигацијски и мерни инструменти

10. GIS – Географски информациони системи

GIS ([Географски информациони систем](#)) – су наменски CAD системи који служе за обраду и приказ резултата навигацијских мерења. Саставни део им је и GIS база

метаподатака – која носи ближе информације о локацији. Овакви системи се користе у геодетским истраживањима, градјевини, водопривреди, енергетици, планирању и развоју насеља, итд.



Слика 20. Наменски GIS – геоинформациони системи